Benutzer-Handbuch

Allgemeine Hinweise digitale Massedurchfluss- und Druckmesser / -regler laboratory style / IN-FLOW

Doc. no.: 9.19.022U Date: 22-01-2015

ACHTUNG
Es wird empfohlen, vorliegendes Benutzer-Handbuch vor dem Einbau und vor der Inbetriebnahme des Produktes sorgfältig zu lesen. Die nichtbeachtung der Anleitung kann Personenschäden und/oder Beschädigungen der Anlage zur Folge haben.

Bronkhorst®
HIGH-TECH

ÜBERSICHT ZU DIESEM HANDBUCH

Dieses Handbuch umfaßt den allgemeinen Teil zu digitalen Geräten für Massedurchfluß und Druck für Gase und Flüssigkeiten. Es gibt allgemein gültige Betriebsanweisungen zu diesen Instrumenten.
Weitere Informationen sind in anderen Dokumenten zu finden.

Die Handbücher für Multibus Instrumente sind modular aufgebaut und umfassen:

- **Allgemeine Hinweise digitale Massedurchfluss- und Druckmesser /-Regler laboratory style / IN-FLOW (Dokument Nr. 9.19.022)**

- Betriebsanleitung digitale Instrumente (Dokument Nr. 9.19.023)

- Feldbus-/Schnittstellen-Beschreibung:
  - FLOW-BUS Schnittstelle (Dokument Nr. 9.19.024
  - PROFIBUS-DP Schnittstelle (Dokument Nr. 9.19.025)
  - DeviceNet Schnittstelle (Dokument Nr. 9.19.026)
  - RS232 Schnittstelle mit FLOW-BUS Protokoll (Dokument Nr. 9.19.027)
  - Modbus Schnittstelle (Dokument Nr. 9.19.035)
  - EtherCAT Schnittstelle (Dokument Nr. 9.19.063)

Auch wenn die Informationen und Inhalte in diesem Manual nach bestem technischen Wissen und Gewissen erstellt worden sind, so können wir keine Verantwortung für Inhalte, Missverständnisse, Fehler, Ungenauigkeiten der Angaben oder ähnliches übernehmen. Der Verwendungszweck dieser Anleitung hat rein informativen Zweck und die Inhalte können ohne Ankündigung jederzeit geändert werden.

Bronkhorst High-Tech B.V.
Juli 2011

Gewährleistungs-Bedingungen

Die Garantie der Produkte von Bronkhorst High-Tech BV bezieht sich auf den bestimmungsgemäßen Gebrauch und auf Material- und Verarbeitungsfehler. Die Garantiezeit beträgt 36 Monate – beginnend vom Versanddatum des Werks. Voraussetzung ist der Betrieb innerhalb der bestellten und bestätigten Spezifikationen sowie dem Einhalten der Anwendungs- und Installationsinstruktionen aus dem Betriebshandbuch. Schäden bedingt durch physikalische Einflüsse oder Kontamination sind ausgeschlossen.
Geräte, die nicht einwandfrei arbeiten, können während der Gewährleistungsfrist kostenlos repariert oder ausgetauscht werden.

Für Reparaturen gilt in der Regel eine Gewährleistungsfrist von einem Jahr, es sei denn, die restliche Gewährleistungsfrist ist länger. Es gilt also immer die für den Kunden günstigere Frist. Siehe dazu auch Paragraph 9 aus Allgemeine Lieferbedingungen.

Die Gewährleistung gilt für alle offenen und verdeckten Mängel, Zufallsfehler und nicht bestimmbare Ursachen.

Ausgeschlossen von der Gewährleistung sind hingegen alle Störungen und Schäden, die vom Anwender verursacht wurden, wie z.B. Kontaminationen, fehlerhafter elektrischer Anschluss, mechanische Einwirkungen durch Herabfallen usw.

Für die Wiederherstellung von Geräten, die zur Reparatur eingesandt wurden, bei denen ein Gewährleistungsanspruch aber nicht oder nur teilweise besteht, werden die Reparaturkosten entsprechend in Rechnung gestellt.

Bronkhorst High-Tech B.V. trägt die Versandkosten für ausgehende Sendungen von Geräten und Teilen, die im Rahmen unserer Gewährleistung verschickt werden, es sei denn, dass im voraus etwas anderes vereinbart wurde.

Erfolgt die Anlieferung bei Bronkhorst High-Tech B.V. unfrei, werden die Versandkosten für die Anlieferung den Reparaturkosten hinzugeschlagen. Import- und/oder Exportabgaben sowie Kosten Dritter trägt der Kunde.

Bedienungsanleitung in Kurzform

Vor der Installierung Ihres Massedurchfluß- bzw. Druckmessers/-reglers lesen Sie bitte das angebrachte Typenschild und prüfen Sie folgendes:

- Meßbereiche
- zu messendes Fluid
- Vor- und Hinterdruck
- Ein-/Ausgangssignal

Beachten Sie den roten Aufkleber und versichern Sie sich, daß der Prüfdruck den normalen Sicherheitsbedingungen Ihrer Anwendung entspricht.

Prüfen Sie, ob das Leitungssystem sauber ist. Für absolute Sauberkeit installieren Sie einen Filter, damit ein sauberer, trockener und ölfreier Gasfluß gewährleistet ist.

Verbinden Sie das Meß-/Regelgerät mit der Rohrleitung und montieren Sie die Verschraubungen gemäß Herstelleranleitung.
Wählen Sie die Einbaulage gemäß den in diesem Handbuch gegebenen Anweisungen.

Bitte überprüfen Sie immer das System auf Undichtigkeiten bevor es mit Mediumsdruck beaufschlagt wird. Dies gilt besonders, wenn toxische, gefährliche Medien verwendet werden.

In Systemen mit korrosiven oder reaktiven Fluids ist das Spülen mit einem Inertgas bevor Gebrauch absolut notwendig. Nach Gebrauch ist vollständiges Spülen auch erforderlich bevor das System der Luft ausgesetzt wird.

Elektrische Anschlüsse müssen mit einem Standardkabel oder entsprechend dem Anschlußplan im hinteren Teil dieses Handbuches ausgeführt werden.

Start in Kurzform

Installieren Sie das Gerät in Ihrem System.
Stellen Sie die richtigen Drücke ein.

Anschluss für analoge Bedienung

Schließen Sie das Instrument an die Versorgungsspannungs/Auswerteeinheit an.

Bus-Anschluss für digitale Bedienung

Bei dieser Vorgehensweise: Sehen Sie bitte die Beschreibung des entsprechenden Feldbusses.

Allgemeine Bedienung

Für eine optimale Genauigkeit lassen Sie das Gerät mindestens 30 Minuten warmlaufen.

Senden Sie einen Sollwert zum Instrument und prüfen Sie das gemessene Ausgangssignal.

Ihr Durchflussmesser/-regler ist nun einsatzbereit.

! Warnung

Das Ansprechen des Gerätes via Feldbus geschieht mit Hilfe eines Flachbandkabels, das mit der Hauptplatine verbunden ist. Beim eventuellen Entfernen des Gehäuseoberteils ist mit äußerster Vorsicht vorzugehen, da das Gerät weiterhin über die RS 232-Schnittstelle und den Mikroschalter auf der Geräteoberseite betrieben werden kann.

INHALTSVERZEICHNIS

Gewährleistungs-Bedingungen 3
1 Einführung 9
1.1 Allgemeine Beschreibung 9
1.1.1 Gasfluß 9
1.1.2 Flüssigkeitsmessung 9
1.1.3 Druck 9
1.1.4 Gehäuse 9
1.1.5 Ventile 11
1.2 Messprinzip Sensor 12
1.2.1 Gasflusssensoren (bypass Messprinzip) 12
1.2.2 Gasflusssensoren (Direkte Hauptstrom Messung) 12
1.2.3 Flüssigkeitssensoren 12
1.2.4 Drucksensoren 13
1.3 Grundsätzliches über Ventile 13
1.3.1 Magnetventil 13
1.3.2 Vary-P-Ventil 13
1.3.3 Pilotgesteuertes Ventil 14
1.3.4 Balgventil 14
1.4 Berechnung des Kv-Wertes 14
1.4.1 Für Gase 14
1.4.2 Für Flüssigkeiten 14
1.4.3 Maximaler Druckabfall 15
1.5 Sensoren und laminare Flowelemente 16
1.6 Konversionsfaktoren 17
1.6.1 Gas Konversionsfaktor (bypass Messung) 17
1.6.2 Gas Konversionsfaktor (Direktstrommessung, CTA) 18
1.6.3 Liquid Konversions Faktoren 19
1.6.4 Software für die Errechnung des Konversionsfaktors 19
2 Installation 20
2.1 Eingang der Sendung 20
2.2 Rücksendung 20
2.3 Service 20
2.4 Installation 21
2.5 In-Line Filter 21
2.6 Fluidanschlüsse 21
2.7 Verrohrung 22
2.8 Elektrische Anschlüsse 22
2.9 Vorsichtsmaßnahmen 22
2.10 Versorgungsdruck 23
2.11 Spülen des Systems 23
2.12 Dichtungen 23
2.13 Lagerung der Geräte 23
2.14 Elektromagnetische Verträglichkeit 23
2.14.1 Bedingungen für die Erfüllung der EMC-Anforderungen 23
3 Betrieb 25
3.1 Allgemein 25
3.2 Einschalten und Aufwärmen 25
3.3 Nullpunkt-Kontrolle und -Einstellung 25
3.4 Anfahren 26
3.5 Betriebsbedingungen 26
3.6 Zeitverhalten 26
3.6.1 Sensoren 26
3.6.2 Regler 26
3.7 Manueller Betrieb 26
3.8 Analogbetrieb 27
3.9 FLOW-BUS / Digitalbetrieb 28
4 Wartung 29
4.1 Allgemeines 29
4.2 Gasflußsensoren 29
4.3 Flüssigkeitssensoren 29
4.4 Drucksensoren 29
4.5 Regler 29

4.6 Regelventile 29
4.6.1 Magnetische Regelventile 29
4.6.2 Vary-P-Ventil 30
4.6.3 Pilotgesteuertes Ventil 30
4.6.4 Balgventile 30
4.7 Kalibriervorgang 30
5 Digitale Geräte 31
6 Beschreibung der Schnittstellen 31
7 Fehlersuche 31
7.1 Allgemein 31
7.2 Fehlersuchtabelle, allgemein 32

Anhänge

1 Gaskonversionstabelle
2 Abmessungen digitale Gehäuse
3 Anhang (soweit zutreffend)

1 Einführung

1.1 Allgemeine Beschreibung

1.1.1 Gasfluß

Mit den Massedurchflußmessern für Gase der Firma Bronkhorst High-Tech B.V. können, je nach Bauform, Gasflüsse bis 700 bar genau gemessen werden, und zwar nahezu unabhängig von Druck- und Temperaturveränderungen.
Das System kann mittels Regelventil und flexibler Anzeige für die Messung und Regelung von Gasflüssen von 1 ml_n/min bis zu mehreren tausend m^3_n/h, je nach Gerätetyp, erweitert werden. Für einen begrenzten Durchflußbereich ist auch ein Modell mit Metalldichtungen erhältlich.

1.1.2 Flüssigkeitsmessung

Mit den Massendurchflußmessern für Flüssigkeiten der Firma Bronkhorst High-Tech B.V.können Durchflüsse bis 400 bar abhängig der Bauform genauestens gemessen werden, und zwar nahezu unabhängig von Druck- und Temperaturänderungen. Das System kann mittels Regelventil für die Messung und Regelung von Flüssigkeiten von 2g/h bis 1000g/h erweitert werden.

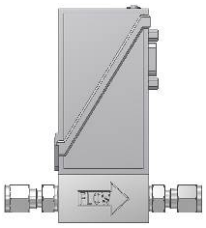
1.1.3 Druck

Das Druckmeßgerät von Bronkhorst High-Tech B.V. mißt Drücke von 100 mbar bis 400 bar, je nach Druckstufe, und zwar absolute Drücke oder Überdrücke und im Bereich 0-15 bar auch Differenzdrücke. Das Druckregelgerät regelt Drücke mit sehr hoher Genauigkeit und Reproduzierbarkeit. Der Regler ist erhältlich für Vordruckregelung (P-600-Serie) und Hinterdruckregelung (P-700-Serie).
Der Fluß durch den Druckregler hängt ab vom Vor- und Hinterdruck, vom Ventilquerschnitt und den Eigenschaften des Fluids.

1.1.4 Gehäuse

Die verschiedenen Bauarten von Gerätegehäusen weisen Einrichtungen auf, welche die Erfordernisse der EMC-Vorschriften sicherstellen.

EL-FLOW® , EL-PRESS

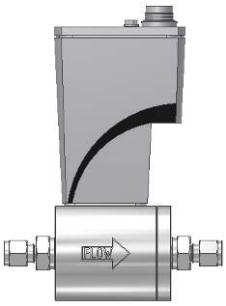


Die Platinen befinden sich in einem metallisierten Kunststoffgehäuse.
Für den Stromanschluß hat das Gerät einen männlichen 9-poligen Sub-D-Anschluß für den analogen/RS232 Betrieb. Für den digitalen Betrieb hat das Gerät verschiedene Steckers auf der Oberseite. Die Geräte sind geeignet für Anwendung im (trockenen) Innenbereich, wie Labors, und in gut geschützten (OEM)-Gehäusen.

EL-FLOW® , EL-PRESS metal seal

Diese Serien hat die gleiche Gehäuse wie die standard EL-FLOW® , EL-PRESS Serien. Nur diese Serien unterschiedet sich durch Metalldichtungen.

IN-FLOW, IN-PRESS



In Übereinstimmung mit dem Sicherheitsstandard IP65 sind die Platinen in einem abgedichteten metallen Gehäuse untergebracht. Elektrische Anschlüsse werden durch 8DIN male Anschluß für den analogen/RS232 hergestellt. Für den digitalen Betrieb hat das Gerät verschiedene Steckers auf der Oberseite.
Die Geräte sind für Industrieanwendungen (im Freien) geeignet.

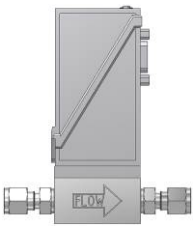
LIQUI-FLOW®

Es wird in zwei verschiedenen Messprinzipien für Flüssigkeit unterschieden:

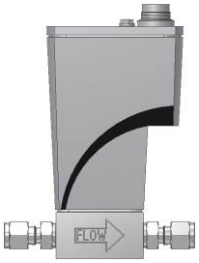
Modell µ-Flow

Das Modell µ-Flow bis zu 2 g/h besteht grundsätzlich aus einem Sensor mit geradem Rohr. Die elektrische Anbindung erfolgt über eine 9-pol. SubD-Buchse. Das Instrument ist gedacht für Anwendungen im trockenen Labor.

CTA-basierte Liqui-Flow



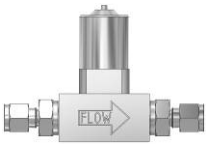
Der CTA-basierte Liqui-Flow für Durchflüsse bis ca. 1000 g/h. Die elektrische Anbindung erfolgt über eine 9-pol. SubD-Buchse. Das Instrument ist gedacht für Anwendungen im trockenen Labor.



In Übereinstimmung mit dem Sicherheitsstandard IP65 sind die Platinen in einem abgedichteten metallen Gehäuse untergebracht. Elektrische Anschlüsse werden durch 8DIN male Anschluß für den analogen/RS232 hergestellt. Für den digitalen Betrieb hat das Gerät verschiedene Steckers auf der Oberseite.
Die Geräte sind für Industrieanwendungen (im Freien) geeignet.

1.1.5 Ventile

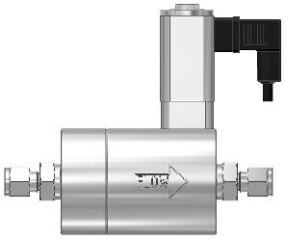
Labormodell



Für Gase:
Das Spulengehäuse dieses Ventils entspricht der Schutzklasse IP-50.
Die Ventile sind für den Gebrauch im (trockenen) Innenbereich geeignet.

Für Flüssigkeiten:
Das Spulengehäuse dieses Ventils entspricht der Schutzklasse IP-50.
Die Ventile sind für den Gebrauch im (trockenen) Innenbereich geeignet. Dies Ventil ist ausgestattet mit einem Spülanschluß.

Industrieausführung



Für Gase:
Das Spulengehäuse dieses Ventils entspricht der Schutzklasse IP-65.
Die Ventile sind für Industrieanwendungen (im Freien) geeignet.

Für Flüssigkeiten:
Das Spulengehäuse dieses Ventils entspricht der Schutzklasse IP-65.
Die Ventile sind für Industrieanwendungen (im Freien) geeignet.
Dies Ventil ist ausgestattet mit einem Spülanschluß.

1.2 Messprinzip Sensor

1.2.1 Gasflusssensoren (bypass Messprinzip)

Die Mehrzahl von Gas Fluss Sensoren arbeiten nach dem Prinzip der bypass Messung. Diese Sensorik arbeitet nach dem Prinzip des Wärmetransfers durch Erfassung des ΔT entlang der beheizten Zone des Kapillarrohres.
Ein Teil des Gesamtflusses wird über einen Laminarströmungseinsatz im Hauptstrom parallel zur Kapillare geleitet, wobei ein ΔP entsteht. Der Laminarströmungseinsatz ist so konzipiert, daß die Durchflußbedingungen in der Kapillare und dem Laminarpaket vergleichbar sind, was zu proportionalen Durchflußraten über die gesamte Meßspanne führt. Das ΔT, das durch die Temperatursensoren in der Kapillare gemessen wird, ist abhängig von der Wärmemenge, die vom Gasfluß absorbiert wird. Der Zusammenhang zwischen Gasmengenfluß und Signal kann in folgender Gleichung ausgedrückt werden:

V_{signal} = Ausgangssignal
C_p = spezifische Wärme
K = konstanter Faktor
Φ_m = Massedurchfluß

$$V_{signal} = K \cdot c_p \cdot \Phi_m$$

Die Temperatursensoren sind Teil einer Meßbrücke und deren Verschiebung wird linearisiert und verstärkt bis zu einem gewünschten Signallevel.

1.2.2 Gasflusssensoren (Direkte Hauptstrom Messung)

Die IN-FLOW CTA Baureihe arbeitet nach dem thermischen Hauptstrom Messprinzip.

Der Hauptstromsensor (CTA Prinzip) besteht aus einem Heizwiderstand und einem Temperaturfühler. Beide Sensoren bestehen aus einem Heizwidersatnd, dass mit wärmeübertragenden Edelstahl ummantelt ist. Die Heizleistung wird geregelt und sorgt für eine konstante Temperaturdifferenz zwischen dem Heizwiderstand und dem Temperaturfühler.
Die resultierende Heizleistung ist proportional und damit ein direktes Maß für den Massefluss.
Dadurch entsteht ein unterschiedlicher, eindeutig zu identifizierender Heizstrom für verschiedene Durchflussbereiche. Das beschriebene Messprinzip heißt Constant Tempereatur Anemometry (CTA).

Die Funktion zwischen Massedurchfluss und Ausgangssignal errechnet sich wie folgt:

$$S_{signal} \cong S_0 + K \cdot \Phi_m^n$$

S_{signal} =Ausgangssignal
S_0 = Nullpunkt Signal
K = konstanter Faktor (Y = Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, dyn. Viskosität und Gasdichte)
M = Massedurchfluss
N = dimensionlose Konstante (ideal 0,5)

1.2.3 Flüssigkeitssensoren

Zwei digitale Flüssigkeits-Messgeräte und zwei Sensor-Kombinationen sind erhältlich. Beide haben gemeinsam, dass es sich um eine Hauptstrommessung handelt. Die folgenden Sensor-Kombinationen sind erhältlich:

1) Der μ-FLOW für Flussraten bis 2 g/h.

Einfach gesehen ist es ein gerades Rohr mit 2 außen befindlichen Sensorelementen. Die beiden Sensorelemente funktionieren gleichzeitig als Heizung und Temperaturmessung. Die Temperaturdifferenz – ob abkühlend oder aufheizend, bedingt durch den Massetransport der Flüssigkeit – wird gemessen. Die Temperatursensoren sind Teil einer elektrischen Messbrücke. Das Ungleichgewicht der Messbrücke ergibt ein noch zu verstärkendes Messsignal. Die Funktion zwischen Massestrom und dem Messsignal kann wie folgt beschrieben werden.

V_{signal} = Ausgangssignal
c_p = Wärmekapazität
K = Konstante
Φ_m = Massedurchfluss

$$V_{signal} = K \cdot c_p \cdot \Phi_m$$

2) Der CTA- basierte LIQUI-FLOW für Flussraten bis 1000 g/h.

Der CTA basierte LIQUI-FLOW besteht grundsätzlich aus einem geraden Rohr mit 2 platzierten Sensorelementen um das Rohr herum. Das erste Sensor-Element ist ein Temperatursensor, welcher die Temperatur des fließenden Mediums im Rohr misst. Das zweite Sensorelement ist eine Heizung, welche das Medium auf ein ΔP über die Mediumstemperatur regelt. Das Sensordesign ist patentiert.
Die benötigte Heizleistung um das ΔT konstant zu halten, ist abhängig vom Massedurchfluss. Ohne Durchfluss wird nur eine geringe Energie benötigt. Wenn ein Durchfluss zustande kommt, wird die Heizung entsprechend abgekühlt. Die Heizleistung wird dann erhöht auf ein voreingestelltes ΔT. Dieses ΔT – eine unterschiedliche und gleiche Heizleistung – wird für jeden Durchflussendwert im Werk abgeglichen.
Dieses Messprinzip wird beschrieben als Constant-Temperature-Anemometer (CTA).
Die Heizungen und Temperaturmessungen sind über eine Messbrücke verschaltet. Dabei werden zwei Punkte miteinander verknüpft:
Erstens: Die notwendige Heizleistung wird geregelt und zweitens: Das System beinhaltet gleichzeitig eine Temperaturkompensation.
Zum Schluss wird das Signal linearisiert und verstärkt zu einem Standard-Ausgangssignal.
Die Beziehung zwischen dem Flüssigkeitsmassedurchfluss und dem linearen Ausgangssignal kann grob wie folgt beschrieben werden:

$$V_{signal} \cong K \cdot c_p \cdot \lambda^2 \cdot \Phi_m$$

V_{signal} = Ausgangssignal
K = Konstante
c_p = Wärmekapazität
λ = Wärmeleitfahigkeit
Φ_m = Massedurchfluss

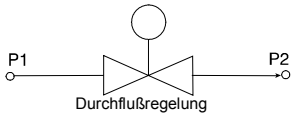
1.2.4 Drucksensoren

Der EL-PRESS Drucksensor besteht aus einer piezoresistiven Meßbrücke auf der Oberfläche eines Silicium-Kristalls. Der Sensor befindet sich in einer Hülse aus rostfreiem Stahl und ist vom Fluid abgetrennt durch eine dünne Metallmembrane. Die Kammer um den Sensor herum ist mit Öl als Druckmittler gefüllt.

1.3 Grundsätzliches über Ventile

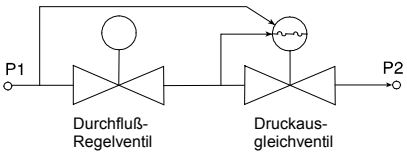
Regelventile sind nicht als Absperrventile vorgesehen, obwohl einige Modelle hierfür sehr gut geeignet sind. Falls notwendig, sollte ein separates Absperrventil installiert werden. Außerdem sind Pulsationen und Druckstöße, die beim Unter-Druck-Setzen des Systems entstehen können, zu vermeiden. Es sind folgende Modelle zu unterscheiden:

1.3.1 Magnetventil



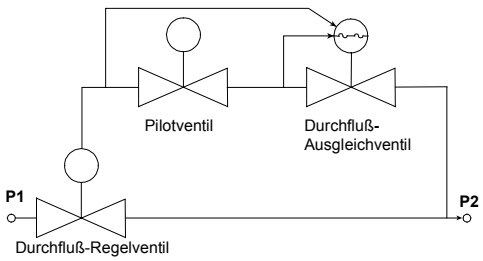
Dies ist das Standardregelventil (direkt betrieben). Im allgemeinen ist es ein normal geschlossenes Magnetventil. Der Kolben wird durch die Magnetkraft der Spule angehoben.Die Düse unter dem Kolben ist zur Anpassung des Kv-Wertes austauschbar. Es ist auch ein Stromlos geöffnetes Regelventil erhältlich.

1.3.2 Vary-P-Ventil



Für Betriebsbedingungen mit sehr stark schwankendem Vor- und Hinterdruck wurde ein spezielles Ventil, das Vary-P-Ventil, entwickelt. Dieses besteht aus zwei Ventilen, einem magnetgesteuerten Regelventil und einem fest eingestellten Druckausgleichsventil.

1.3.3 Pilotgesteuertes Ventil



Das pilotgesteuerte Ventil wurde für hohe Durchflußraten konstruiert. Ein magnetgesteuertes Regelventil regelt die Druckdifferenz über einen Steuerkolben, wodurch der Hauptkolben bewegt wird.

1.3.4 Balgventil

Dieser Ventiltyp ist ein direkt mit Magnetspule betriebenes Regelventil mit geringem Energiebedarf. Eine spezielle Konstruktion mit einem Metallbalg ermöglicht die Regelung bei relativ großem Ventilquerschnitt. Das Modell ist geeignet für niedrige Differenzdrücke oder Vakuumanwendungen.

1.4 Berechnung des Kv-Wertes

Mit dieser Berechnungsmethode kann der K_V-Wert der Hauptdüse eines Regelventils bestimmt werden.

1.4.1 Für Gase

Bestimmen Sie das gewünschte ΔP am Ventil.
Das ΔP sollte mindestens 20 % des Vordruckes betragen, in geschlossenen Regelkreisen 20 % des gesamten Differenzdruckes im System.
Bei einem ΔP von 20 - 50% des Vordruckes gilt die Gleichung:

$$K_v = \frac{\Phi_{vn}}{514}\sqrt{\frac{\rho_n \cdot T}{\Delta p \cdot p_2}}$$ unterkritisch

Bei einem ΔP von 50 - 100 % des Vordruckes gilt die Gleichung:

$$K_v = \frac{\Phi_{vn}}{257 \cdot p_1}\sqrt{\rho_n \cdot T}$$ überkritisch

Einheiten:
Φ_{vn} = Fluß [m^3/h]
p_1 = Versorgungsdruck [bara]
p_2 = Hinterdruck [bara]
ΔP = Druckdifferenz (p_1 - p_2) [bard]
T = Temperatur [K]
P_n = Dichte density [kg/m_n^3]

Der Düsendurchmesser wird wie folgt bestimmt: $d = 7.6\sqrt{K_v}$ [mm]

1.4.2 Für Flüssigkeiten

$$K_v = \Phi_v\sqrt{\frac{\rho}{\Delta p \cdot 1000}}$$

Einheiten:
Φ_v = Volumenfluß
ρ = Dichte bei 20°C und 1 atm [kg/m^3]
ΔP = Delta p [bard]

Der Düsendurchmesser wird wie folgt bestimmt: $d = 7.6\sqrt{K_v}$ [mm]

Bei Massendurchflußmessern für Flüssigkeiten ist normal nur ein geschlossenes Ventil verfügbar. Der Düsendurchmesser kann berechnet oder der Tabelle entnommen werden.

Durchmesser [mm]	K_v	Normal geschlossen Δp max. [bard]
0,10	$1{,}73 \times 10^{-4}$	10
0,14	$3{,}39 \times 10^{-4}$	10
0,20	$6{,}93 \times 10^{-4}$	10
0,30	$1{,}56 \times 10^{-3}$	10
0,37	$2{,}37 \times 10^{-3}$	10
0,50	$4{,}33 \times 10^{-3}$	10
0,70	$8{,}48 \times 10^{-3}$	10
1,00	$1{,}73 \times 10^{-2}$	10

* Für Flüssigkeiten mit dynamischer Viskosität: 15 cP < μ < 100 cP errechnet sich der K_v -Wert wie folgt:

$$K_v = \Phi_v \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p \cdot 1000}} \cdot \sqrt{\mu}$$

Einheiten:

Φ_v = Volumenfluß [m^3/h]
ρ = Dichte bei 20°C und 1 atm. [kg/m^3]
Δp = delta p [bard]
μ = dynamische Viskosität [c_p]

Die größtmögliche Viskosität erfragen Sie bitte beim Werk.

1.4.3 Maximaler Druckabfall

Für pilotgesteuerte Magnet-Regelventile mit kleinen Bohrungen beträgt der höchstzulässige Druckabfall bei Gasen gemäß untenstehender Tabelle:

Durchmesser [mm]	K_v	Normal geschlossen Δp max. [bard]	Normal geöffnet Δp max. [bard]
0,05	$4{,}33 \times 10^{-5}$	40	30
0,07	$8{,}48 \times 10^{-5}$	30	20
0,10	$1{,}73 \times 10^{-4}$	30	20
0,14	$3{,}39 \times 10^{-4}$	30	20
0,20	$6{,}93 \times 10^{-4}$	30	20
0,30	$1{,}56 \times 10^{-3}$	30	20
0,37	$2{,}37 \times 10^{-3}$	30	20
0,50	$4{,}33 \times 10^{-3}$	30	20
0,70	$8{,}48 \times 10^{-3}$	24	15
1,00	$1{,}73 \times 10^{-2}$	12	8
1,30	$2{,}93 \times 10^{-2}$	8	5
1,50	$3{,}90 \times 10^{-2}$	6	n.a.
1,70	$5{,}00 \times 10^{-2}$	5	n.a.
2,00*	$6{,}63 \times 10^{-2}$	3,6	n.a.

Für pilotgesteuerte Ventile ist der maximale Druckabfall auf 20 bard begrenzt. Falls der Druckabfall beim Anfahren höher ist, ist es zweckmäßig, ein By-Pass-Ventil zu verwenden.
Dieses sollte während der Anfahr-Phase geöffnet sein. Der Mindestdruckabfall ist ebenso begrenzt. Genaue Zahlen erfahren Sie beim Werk, oder Sie richten sich nach den technischen Daten und/oder zusätzlichen Hinweisen, die Sie vom Vertriebspartner erhalten.

1.5 Sensoren und laminare Flowelemente

Flowelemente werden verwendet, um den Meßbereich eines Gasflußmessers oder -reglers festzulegen. Beachten Sie, daß Flüssigkeitssensoren, CTA basierende Sensoren und Drucksensoren kein Flowelement benötigen.
Je nach Anwendung haben die Durchflußsensoren verschiedene austauschbare Kapillaren, die unterschiedliche laminare Flowelemente erforderlich machen.
Außerdem wird für Durchflußraten über 1250 ln/min das laminare Flowelement im Hauptstrom mit einer Anordnung aus Kapillare und Flowelement kombiniert, um die nicht ideale Durchflußkennlinie des Haupt-Flowelementes zu kompensieren.
Grundsätzlich sind 3 Typen von Kapillaren zu unterscheiden:

- Kleiner Durchmesser (C-Typ)
  Zu diesem Sensortyp ist folgendes zu bemerken:
  - Sie haben einen Druckabfall von ca. 35 mbar über der Sensor.
  - Das laminare Flowelement besteht aus einer Reihe von Scheiben mit präzise geätzten Durchflußkanälen. Jeder Durchflußkanal entspricht einer Luftströmung von ca. 10 ml_n/min bei einem DeltaP von 35 mbar.
  - Bei COMBI-FLOW-Anwendungen und bei allen Geräten mit einer Druckrate von 100 bar (M-Typ) ist der Sensor mit Metalldichtungen versehen.
  - Im allgemeinen können Geräte mit diesen Sensoren bei niedrigen Betriebsdrücken horizontal oder vertikal montiert werden. Bei höheren Drücken (>10 bar) sollte das Gerät in horizontaler Lage montiert werden (COMBI-FLOW vertikal).

- Großer Durchmesser (D-Typ)
  Zu diesem Sensortyp ist folgendes zu vermerken:
  - Sie werden vorzugsweise für reaktive Gase und bei niedrigen Drücken verwendet.
  - Der Druckverlust ist kleiner 0,5 mbar.
  - Das laminare Flußelement bildet zusammen mit dem Hauptkanal einen ringförmigen Querschnitt. Die Maße dieses Ringkanals bestimmen den Meßbereich des Gerätes.
  - Das Gerät muß immer in horizontaler Lage montiert werden.

- Medium Durchmesser (E-Typ)
  Dieser Sensortyp wird verwendet im “EL-FLOW Serien“ um der Durchfluss (des “low DeltaP serien“) zu erhöhen. Da gelten dieselbe Bemerkungen wie die D-Typ Sensor, nur:
  - Der Druckverlust ist ca. 2,5 mbar.

1.6 Konversionsfaktoren

1.6.1 Gas Konversionsfaktor (bypass Messung)

Die allgemeine Formel für die Bestimmung des Verhältnisses zwischen Signal und Massedurchfluß ist wie folgt:

$$V_{signal} = K \cdot c_p \cdot \Phi_m = K \cdot c_p \cdot \rho \cdot \Phi_v$$

wobei:

V_{signal}	= Ausgangssignal
K	= Konstante
ρ	= Dichte
c_p	= spezifische Wärme bei konstantem Druck
Φ_m	= Massedurchfluß
Φ_v	= Volumendurchfluß

Sobald sich der c_p-Wert und die Dichte des zu messenden Gases verändern, muß das Signal korrigiert werden. Der Konversionsfaktor C ist wie folgt:

$$C = \frac{c_{p_1} \cdot \rho_1}{c_{p_2} \cdot \rho_2}$$

wobei:

c_p	= spezifische Wärme
ρ_n	= Dichte unter Normalbedingungen

(1) Gas, für das das Gerät kalibriert wurde
(2) zu messendes Gas

Anmerkung:
Der c_p-Wert, der für die Kalkulation des Konversionsfaktors verwendet wird, muß für eine Temperatur von ca. 50 °C über der erforderlichen Temperatur genommen werden.
Dieser Faktor wird c_p-cal genannt.
Die Konversionsfaktoren für allgemein verwendete Gase im Verhältnis zu N_2 unter Normbedingungen werden in der Gaskonversionstabelle im Anhang 1 aufgeführt.

Beispiel:
Meßgerät kalibriert auf N_2 (200 ml_n/min).
Der durch das Meßgerät gehende Gasfluß ist CO_2.
Das Ausgangssignal ist 80.0%.

Aktueller CO_2-Durchfluß = $80{,}0 \cdot \frac{0.74}{1.00}$ = 59,2 %

also $\frac{59.2}{100} \cdot 200$ = 118,4 ml_n/min

* **n** bedeutet **Normbedingungen**

"Normbedingung" ist das Volumen bei einer Temperatur von 0 °C und einem Druck von 1 atm oder 1013,25 mbar (760 Torr).

Anmerkung:
Die höchste Genauigkeit wird erzielt, wenn die Kalibrierung unter Betriebsbedingungen durchgeführt wird. Falls dies nicht möglich ist, ist der Gebrauch eines theoretischen Konversionsfaktors ein Mittel, um die Durchflußrate des Gerätes für das zu messende Gas zu bestimmen. Hierbei kommt es jedoch zu Ungenauigkeiten.

Die ungefähre Genauigkeit der aufgeführten Konversionsfaktoren ist:

in der Regel für Konversionsfaktoren: **>1 2% x Faktor**
<1 2 % / Faktor

Da jedoch die Genauigkeit auch von Viskosität, Druck und Temperatur abhängt, sollte den Gasen im kritischen Bereich, wo spezifische Wärme, Dichte und Viskosität erheblich abweichen können, besondere Aufmerksamkeit zukommen. Genauere Informationen hierüber erhalten Sie von Ihrem Lieferanten.

Für Gasmischungen ist die folgende vereinfachte Formel anwendbar:

$$\frac{1}{C_{mix}} = \frac{V_1}{C_1} + \frac{V_2}{C_2} + ... \frac{V_n}{C_n}$$

C_{mix} = Konversionsfaktor für Gasmischung
C_n = Konversionsfaktor für Gas n
V_n = volumetrischer Anteil des Gases n in der Mischung

Beispiel: Gasmischung enthält:

(1) 10% N_2 C1 = 1,00
(2) 30% Ar C2 = 1,40
(3) 50% CH_4 C3 = 0,76
(4) 10% He C4 = 1,41

$$\frac{1}{C_{mix}} = \frac{0{,}10}{1{,}00} + \frac{0{,}30}{1{,}40} + \frac{0{,}50}{0{,}76} + \frac{0{,}10}{1{,}41} = 1{,}043$$

C_{mix} = 0,959

Wenn das Meßgerät auf 500 ml_n/min N_2 kalibriert wurde, bedeutet 100%:

$$500 \cdot \frac{0{,}959}{1{,}00} = 480\ ml_n/min\ mixture.$$

Wenn das Meßgerät auf 500 ml_n/min Argon kalibriert wurde, bedeutet 100%:

$$500 \cdot \frac{0{,}959}{1{,}40} = 343\ ml_n/min\ gas\ mixture.$$

1.6.2 Gas Konversionsfaktor (Direktstrommessung, CTA)

Für CTA basierende Sensoren wird das allgemeine Verhältnis zwischen Signal und Massedurchfluss wie folgt errechnet:

$$S_{signal} \cong S_0 + K \cdot \Phi_m^n$$

S_{signal} =Ausgangssignal
S_0 = Nullpunkt Signal
K = konstanter Faktor (Y = Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, dyn. Viskosität und Gasdichte)
M = Massedurchfluss
N = dimensionlose Konstante (ideal 0,5)

Aufgrund des Nullpunktsignals (abhängig von den Eigenschaften des Gases) und der Nichtlinearität zwischen Signal und Massedurchfluss, ist es nicht möglich, einen einzelnen Konversionsfaktor für ein Gas anzugeben, welcher den gesamten Flussbereich eines Instruments abdeckt. Ein Konversionsmodell ist für die meisten Gase erhältlich.

Dieses Model gewährleistet eine exakte Genauigkeit, sowohl bei hohen als auch bei niedriegen Gasdurchflüssen. Kontaktieren Sie Ihren Vertriebspartner oder Bronkhorst High-Tech B.V. für Ihre benötigte Umrechnung an Ihrer Anwendung.
Um den passenden Flussbereich für ein Instrument zu deklarieren, empfehlen wir Ihnen das kostenlose Umrechnungsprogram CFDirekt zu benutzen. (Zu finden auf www.fluidat.com)

1.6.3 Liquid Konversions Faktoren

1) μ-FLOW Modelle

Die Grundformel für die Beziehung zwischen Signal und Massedurchfluss lautet:

V_{signal} = Ausgangssignal
k = Konstante
c_p = Wärmekapazität bei konstanten Druck
Φ_m = Massedurchfluss

$$V_{signal} = k \cdot c_p \cdot \Phi_m$$

Ein konversionsfaktor muss benutzt werden, wenn der Flüssigkeitsdurchflussmesser nicht mit der kalibrierten Flüssigkeit benutzt wird.

$$\Phi_{m_2} = Cf \cdot \Phi_{m_1} \qquad Cf = \frac{c_{p1}}{c_{p2}}$$

c_{p1} = Wärmekapazität der kalibrierten Flüssigkeit
c_{p2} = Wärmekapazität der neuen Flüssigkeit

Für die genaue Nutzung diese Formel setzen Sie sich bitte mit Bronkhorst High-Tech B.V. in verbindung.

2) CTA basierten LIQUI-FLOW

Die Beziehung zwischen Massedurchfluss und den linearen Ausgangssignal beim CTA basierten LIQUI-FLOW Massesensor kann grob wie folgt beschrieben werden:

$$V_{signal} \cong K \cdot c_p \cdot \lambda^2 \cdot \Phi_m$$

V_{signal} = Ausgangssignal
K = Konstante
c_p = Wärmekapazität
λ = Wärmeleitfahigkeit
Φ_m = Massedurchfluss

Ein konversionsfaktor muss benutzt werden, wenn der Flüssigkeitsdurchflussmesser nicht mit der kalibrierten Flüssigkeit (reference fluid) benutzt wird.

$$CF \cong \frac{\left(c_p \lambda^2\right)_{REFERENCE-FLUID}}{\left(c_p \lambda^2\right)_{CUSTOM\ \ FLUID}}$$

Für die genaue Nutzung diese Formel setzen Sie sich bitte mit Bronkhorst High-Tech B.V. in verbindung.

1.6.4 Software für die Errechnung des Konversionsfaktors

Bronkhorst High-Tech B.V. hat die physikalischen Eigenschaften von über 600 Gasen und Flüssigkeiten in seiner Datenbank FLUIDAT® hinterlegt.
Anwendungs-Software wie ‚FLUIDAT® on the Net' (FOTN) ermöglicht dem Nutzer die Berechnung der genauen Konversionsfaktoren, nicht nur bei 20°C/1 atm (wie in der Konversionstabelle in Abbildung 1 dargestellt), sondern für jegliche Kombination von Temperatur und Druck.

Für detaillierte Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen Vertriebspartner.

2 Installation

2.1 Eingang der Sendung

Verpackung auf äußere, vom Transport herrührende Schäden untersuchen. Sind Schäden vorhanden, muß das Transportunternehmen verständigt werden, um diese zu begutachten. Gleichzeitig sollte der Lieferant verständigt werden:

BRONKHORST HIGH-TECH B.V.
RUURLO HOLLAND

Wenn er der Absender ist, wenden Sie sich bitte an Ihren Vertriebspartner.
Lieferschein entnehmen und Geräte vorsichtig auspacken. Den Inhalt anhand des Lieferscheins auf Vollständigkeit und auf evtl. Schäden kontrollieren. Kleinteile nicht mit dem Packmaterial wegwerfen.

2.2 Rücksendung

Sofern Sie Geräte zurücksenden, teilen Sie uns bitte in einem Begleitschreiben mit, was Sie zu beanstanden haben.

Teilen Sie dem Lieferanten unbedingt mit, ob mit dem Gerät giftige oder gefährliche Fluids gemessen wurden !

In diesem Falle müssen in der Serviceabteilung ausreichende Maßnahmen zum Schutz des Personals getroffen werden. Verpacken Sie das Gerät sorgfältig, wenn möglich in der Originalverpackung; es muß in einer Plastikhülle verschlossen sein.

Kontaminierte Geräte müssen mit einer vollständig ausgefüllten "Erklärung über die Art der Kontaminierung" versandt werden.
Kontaminierte Geräte ohne diese Erklärung werden nicht angenommen.

Anmerkung:
Geräte, mit denen giftige oder gefährliche Fluids gemessen wurden, müssen vom Anwender sachkundig und sorgfältig gereinigt werden.

Wichtig:
Notieren Sie auf dem Paket deutlich die Verzollungskundennummer von Bronkhorst High-Tech B.V.:

NL801989978B01

Gegebenenfalls wenden Sie sich an Ihren Vertriebspartner.

2.3 Service

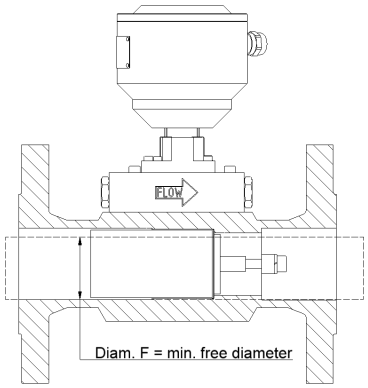
Wenn die Geräte nicht sachgemäß gewartet werden, muß mit Gefahr für das Bedienpersonal und Schäden an den Geräten gerechnet werden. Es ist daher wichtig, daß die Wartung von ausgebildetem und qualifiziertem Servicepersonal ausgeführt wird. Nehmen Sie ggf. unseren Werksservice in Anspruch.

2.4 Installation

Die Einbaulage hängt von der Art des Gerätes ab. Für Durchflußmesser sollte die Montage vorzugsweise in horizontaler Lage erfolgen, und bei hohen Drücken sollten alle Meßgeräte in dieser Lage eingebaut werden. Die Montage sollte nicht in der Nähe einer Wärmequelle vorgenommen werden, und der Platz muß frei von Erschütterungen/Vibrationen sein.

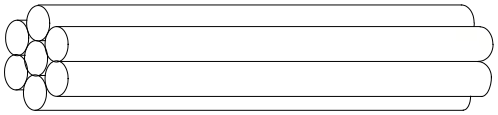
Für die Befestigung der F-106/F107 Serien, beachten Sie folgende Regeln:

Einlaufstrecke und Auslaufstrecke (der Zahl der Durchmesser F)		
	Einlauf	Auslauf
Eins 90° Kurve vor das Meßgerät	10	4
Zwei 90° Kurven vor das Meßgerät	13	4
Zwei 90° Kurven in zwei Ebenen	20	4
Drei 90° Kurven in drei Ebenen	30	4
Verengung vor das Meßgerät	10	4
Erweiterung vor das Meßgerät	20	4
Druckreducierventil / Regelventil / teilweise geschlossen Ventil vor das Meßgerät	30	4



Für weitere Informationen siehe Maßzeichnung.

Im allgemeinen haben Strömungsrichter Einfluß auf die Einlaufstrecke des Meßgerätes.
Ein Strömungsrichter ist ein Bündel von parallelen Rohren, das im Rohr untergebracht ist.



Im allgemeinen sollten diese Einsätze mindestens 6 - 8 D vor dem Meßgerät angebracht werden.

Ein Strömungsrichter sollte grundsätzlich bei Regelventilen und Rohrbogen auf ungleichen Ebenen verwendet werden.
Außerdem muß der Durchfluß gleichmäßig und frei von Druckstößen und Pulsationen sein.

2.5 In-Line Filter

Obwohl die zu messenen Fluids ohnehin frei von Schmutz, Öl, Feuchtigkeit u.ä. sein sollten, empfiehlt sich der Einbau eines In-Line-Filters vor dem Meß-/Regelgerät; falls eine Rückströmung auftreten kann, ist auch ein Filter auf der Ausgangsseite empfehlenswert. Beachten Sie den durch den Filter verursachten Druckverlust.
Bei einigen Geräten befindet sich am Eingang ein Sieb, um zu verhindern, daß Fremdkörper ins Gerät gelangen und um ein gutes Strömungsprofil zu erhalten. Dieses Sieb ist jedoch **kein** Filterelement.
Weitere Informationen erhalten Sie von Ihrem Vertriebspartner.

2.6 Fluidanschlüsse

In der Regel werden die Meß- und Regelgeräte von Bronkhorst High-Tech B.V. mit Klemmring- oder Vakuumverschraubungen (VCR/VCO) ausgestattet. Meist erfolgen die Verbindungen zu den Instrumenten über parallele BSP Gewinde, welche mit gekammerten O-Ringen am Instrument abzudichten sind. Bei einigen Geräten sind diese Fittings orbital angeschweißt. Zur leckdichten Installation von Klemmring-Verschraubungen ist sicherzustellen, daß das Rohr im Fittingkörper bis zum Anschlag eingeschoben ist und daß sich im Rohr an den Quetschhülsen des Fittings kein Schmutz oder Staub befindet. Befestigen Sie die Überwurfmutter mit der Hand bis zum Anschlag, während Sie das Gerät halten; danach drehen Sie die Mutter einmal um 360°. Beachten Sie die Anleitung des Lieferanten der Anschlußfittings. Besondere Anschlußtypen sind auf Wunsch erhältlich.
Anmerkung:
Unterziehen Sie das System einem Lecktest, bevor es mit Mediumsdruck beaufschlagt wird, insbesondere wenn giftige, explosionsgefährdete oder sonstwie gefährliche Medien zur Anwendung kommen.

Die Flansche müssen exakt aufeinandersitzen, und es dürfen keine Dichtungen im freien Rohrquerschnitt vorstehen.

2.7 Verrohrung

Vergewissern Sie sich, daß die Verrohrung absolut sauber ist !
Verwenden Sie **niemals** Rohre mit kleinem Durchmesser für hohe Durchflußraten, da dies die Genauigkeit beeinträchtigt.
Montieren Sie **niemals** Winkel direkt hinter Ein- und Ausgängen, besonders nicht bei hohen Durchflußraten. Wir empfehlen mindestens 10x Rohrdurchmesser Abstand zwischen dem Winkel und dem Gerät.
Montieren Sie **niemals** Druckregler direkt am Einlaß von Gasflußmessern/-reglern, sondern lassen Sie einige Meter Abstand (mindestens 25 D). Besondere Aufmerksamkeit ist erforderlich, wenn die Durchflußregler mit hohen Durchflußraten arbeiten. In diesem Fall wird ein Vor- und Hinterdruckpuffer benötigt mit einem nach folgender Formel berechneten Volumen:

$$V \geq \frac{0{,}15\ d^2}{\sqrt{\rho}}$$

wobei:

V = Volumen in Liter
d = Düsendurchmesser in mm
ρ = Dichte unter Normalbedingungen

p = $7{,}6\ \sqrt{k_v}$

Beispiel:
Durchflußmesser bei 500 l_n/min Luft und Öffnungsdurchmesser d = 4 mm benötigt für eine stabile Regelung ein Puffervolumen von:

$V \geq 0{,}15 \cdot 4^2 : \sqrt{1{,}29} = 2{,}1$ Liter

Außerdem sollte die Kapazität des Druckreglers mindestens doppelt so groß sein wie die des Durchflußreglers, in diesem Falle also $2 \cdot 500 = 1{,}000\ l_n$/min.

2.8 Elektrische Anschlüsse

Bronkhorst High-Tech B.V. empfiehlt die Verwendung ihrer Standardkabel. Diese Kabel haben die richtigen Anschlüsse. Falls lose Enden verwendet werden, werden diese markiert, um ein falsches Anschließen zu verhindern. Anschlußpläne sind diesem Handbuch als Anlage beigefügt.
Um die IP-Schutzklase zu erfüllen ist es notwendig genau die Anweisungen des Steckerherstellers zu befolgen.

2.9 Vorsichtsmaßnahmen

Jedes Meß-/Regelgerät wird geprüft mit mindestens 1,5-fachem Betriebsdruck unter den vom Kunden angegebenen Betriebsbedingungen und mit einem Mindestdruck von 8 bar.
Bei Druckmessern/-reglern ist der Prüfdruck abhängig vom Meßbereich des Druck-Meßwandlers.
Im allgemeinen 2 x Endwert für Bereiche von 1 - 2 bar
1,5 x Endwert für Bereiche bis 200 bar
1,25 x Endwert für Bereiche bis 400 bar

Der geprüfte Druck wird auf dem Durchflußmesser/-regler auf einem roten Aufkleber angegeben. Prüfen Sie den Testdruck, bevor Sie das Gerät installieren.
Wenn der Aufkleber nicht vorhanden ist oder der Testdruck nicht richtig ist, sollte das Gerät **nicht** installiert, sondern ans Werk zurückgesandt werden.
Jedes Gerät ist mit mindestens $2\text{-}10^{-9}$ mbar l/s nach außen Helium-leckgetestet.

2.10 Versorgungsdruck

Bevor die elektrischen Anschlüsse hergestellt sind, darf das Gerät nicht unter Druck gesetzt werden. Wenn Sie dem Gerät Druck zuführen, achten Sie darauf, Druckstöße zu vermeiden und erhöhen Sie den Druck stufenweise, besonders bei Meß- und Regeleinheiten für hohe Drücke, die über ein kolbengesteuertes Regelventil verfügen.

2.11 Spülen des Systems

Falls explosive Gase verwendet werden sollen, spülen Sie das Gerät zunächst mit trockenem Inertgas, wie z.B. Stickstoff, Argon, etc., für eine Dauer von mindestens 30 Minuten.
In Systemen für korrosive oder reaktive Fluide ist das Spülen mit einem Inertgas absolut notwendig, denn wenn die Rohre der Luft ausgesetzt werden, entsteht eine chemische Reaktion mit Sauerstoff oder Luftfeuchte, die zum Korrodieren oder Verschmutzen des Systems führt. Vollständiges Spülen ist auch vor einem Ausbau erforderlich, um derartige Fluide zu entfernen, bevor das System der Luft ausgesetzt wird. Das System sollte nicht mit Luft in Berührung kommen, wenn mit solchen korrosiven Fluiden gearbeitet wird.

2.12 Dichtungen

Bronkhorst High-Tech B.V. hat eine Liste geeigneter Materialien erstellt. Es handelt sich jedoch nur um eine allgemeine Empfehlung, deren Zuverlässigkeit erheblich von den Betriebsbedingungen abhängt.
Daher kann Bronkhorst High -Tech B.V. keine Haftung übernehmen für Schäden, die durch Beschädigung von Dichtungen entstehen.
Der Kunde muß für seinen speziellen Anwendungsfall die Zuverlässigkeit des verwendeten Dichtungsmaterials überprüfen. Vergewissern Sie sich daher, daß Dichtungen wie O-Ringe, Ventilkegel und Dichtpackungen von Kapillaren für den Prozess geeignet sind.

2.13 Lagerung der Geräte

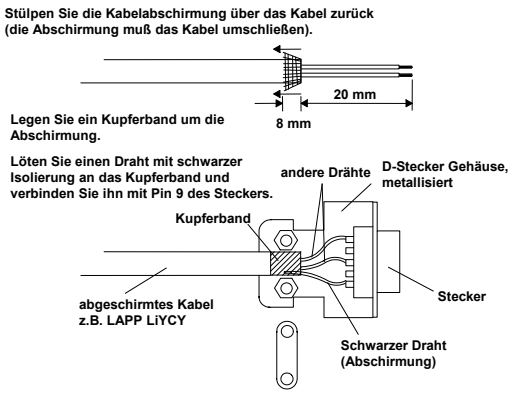
Die Geräte sollten in ihrer Originalverpackung in einem Schrank o.ä. gelagert werden und dürfen niemals extremen Temperaturen oder Feuchtigkeit ausgesetzt werden.

2.14 Elektromagnetische Verträglichkeit

2.14.1 Bedingungen für die Erfüllung der EMC-Anforderungen

Alle in diesem Handbuch beschriebenen Systeme tragen das CE-Zeichen. Sie müssen daher den EMC-Anforderungen für diese Ausrüstungen entsprechen. Jedoch ist die Übereinstimmung mit den EMC-Anforderungen nur möglich unter Verwendung der richtigen Kabel und Anschlüsse.
Für einwandfreie Verbindungen kann Bronkhorst High-Tech Standardkabel liefern. Anderenfalls sind die unten aufgeführten Richtlinien zu beachten.

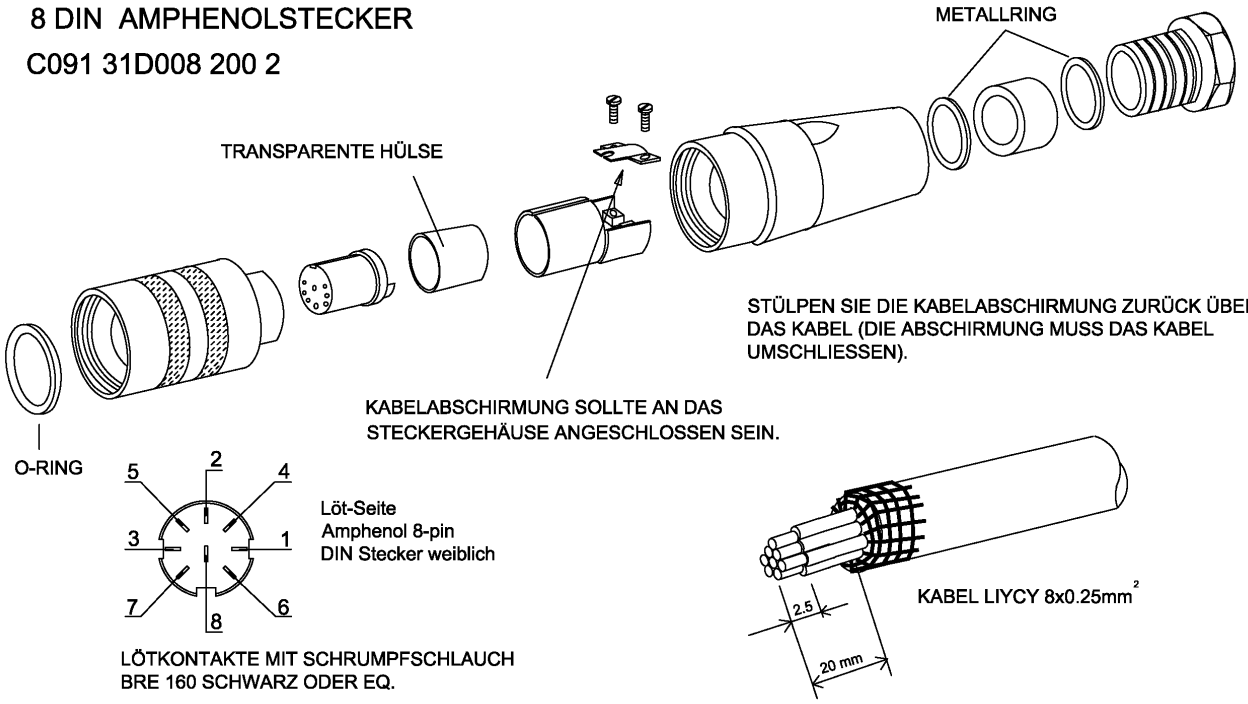
D-Stecker-Montage



8DIN Stecker-Montage

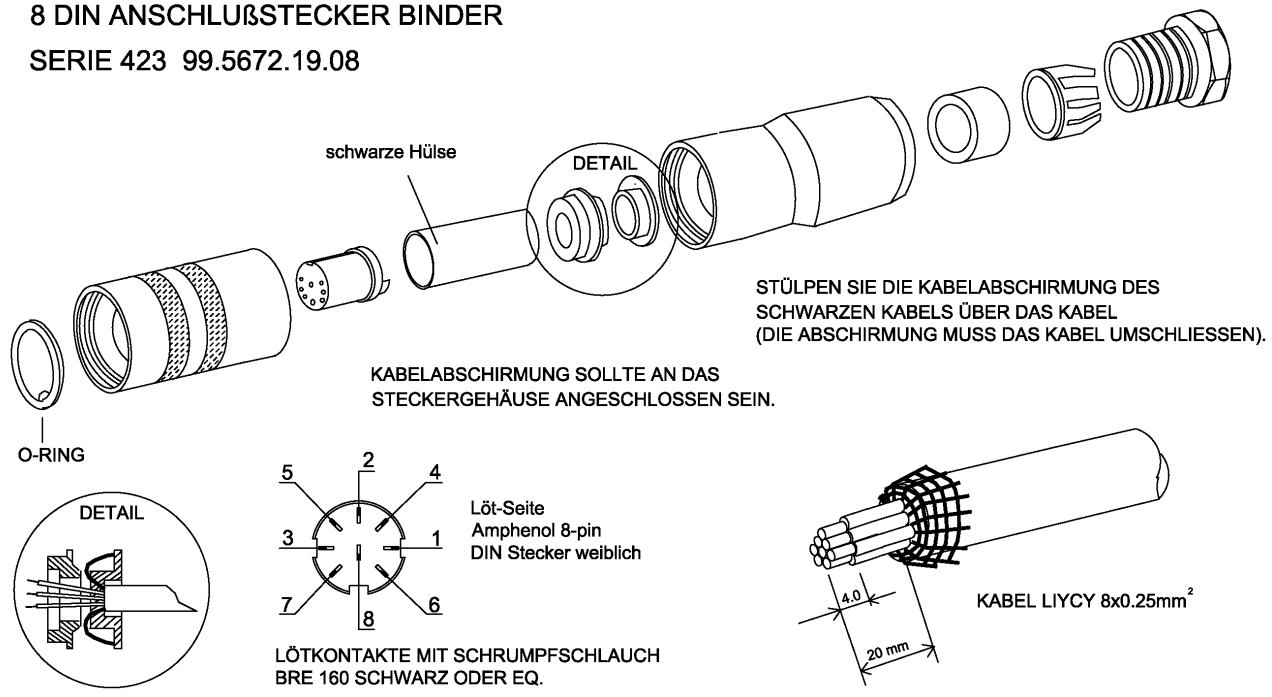
8 DIN AMPHENOLSTECKER

C091 31D008 200 2



8 DIN ANSCHLUßSTECKER BINDER

SERIE 423 99.5672.19.08



Anmerkung:

1. Wenn das System an andere Geräte angeschlossen wird (z.B. PLS oder SPS), vergewissern Sie sich, daß die Abschirmung hierdurch nicht beeinträchtigt ist. Verwenden Sie keine nicht abgeschirmten Kabelanschlüsse.
2. Bei dem Anschluß eines FLOW-BUS S(F)TP-Datenkabels an RJ45-Stecker befolgen Sie die Anweisungen des Herstellers. Es müssen unbedingt abgeschirmte, paarweise verdrillte Kabel und abgeschirmte RJ45-Modularanschlußbuchsen verwendet werden.
3. Bei Profibus-DP- oder DeviceNet-Datenkabelanschlüssen folgen Sie den Anweisungen des Kabellieferanten für das das jeweilige Feldbus-System.

3 Betrieb

3.1 Allgemein

Die Bronkhorst High-Tech-Geräte sind so konstruiert, daß Sie die Anforderungen des Anwenders in größtmöglicher Weise erfüllen.

Massedurchfluß-/Druckmesser/-regler werden mit +15 Vdc bis +24Vdc betrieben.
Falls Sie Ihre eigene Spannungsversorgung haben, vergewissern Sie sich, daß Spannung und Stromstärke dem Gerät entsprechen und außerdem, daß die Stromquelle geeignet ist, die Geräte ausreichend mit Energie zu versorgen.
Die Kabeldrahtdurchmesser sollten ausreichend sein für den Versorgungsstrom, und Spannungsverluste müssen so niedrig wie möglich sein. Im Zweifelsfalle setzen Sie sich bitte mit dem Lieferanten in Verbindung.

Digitale Instrumente können betrieben werden an:

1. Analoge Schnittstelle (0...5Vdc/0...10Vdc/0...20mA/4...20mA)
2. RS232-Schnittstelle (verbunden mit dem COM-Port mittels Spezialkabel)
3. FLOW-BUS
4. PROFIBUS-DP
5. DeviceNet
6. Modbus
7. EtherCAT

Option 1 und 2 sind bei Multibus-Instrumenten immer vorhanden. Eine weitere Schnittstelle für jeden verfügbaren Feldbus nach Ihrer Wahl ist möglich.
Der Betrieb über die analoge Schnittstelle, RS232-Schnittstelle und den gewählten Feldbus ist gleichzeitig möglich.
Ein spezielle Parameter, “control mode” genannt, zeigt an, auf welchen Sollwert der Regler reagiert: analog oder digital (über Feldbus oder RS232). Die RS232-Schnittstelle arbeitet wie eine FLOW-BUS-Schnittstelle. Bei gleichzeitiger Verwendung mehrere Schnittstellen kann die Ablesung problemlos gleichzeitig erfolgen. Bei Wertänderung des Parameters gilt der letzte von einer Schnittstelle gesendete Wert.
Die Mikro-Drucktastenschalter und die LEDs auf der Oberseite des Geräte können auch für den manuellen Betrieb bei einigen Betriebsarten verwendet werden.
Die grüne LED zeigt an, in welcher **Betriebsart** das Instrument aktiv ist.
Die rote LED zeigt das Vorliegen von **Fehlern/Warnungen** an.

3.2 Einschalten und Aufwärmen

Bevor Sie die Stromzufuhr einschalten, prüfen Sie, ob alle Anschlüsse entsprechend dem Anschlußplan durchgeführt sind, der zu diesem Gerät gehört.
Wir empfehlen die Versorgungsspannung einzuschalten bevor das Instrument mit Druck beaufschlagt wird und die Versorgungsspannung abzuschalten nachdem das Instrument drucklos ist.
Prüfen Sie die Gasanschlüsse auf Dichtigkeit. Falls notwendig, spülen Sie das System mit einem sauberen Fluid. Gasgeräte dürfen nur mit Gas gespült werden. Flüssigkeitsgeräte dürfen sowohl mit Gas, als auch mit Flüssigkeit gespült werden, je nachdem, was für den Anwendungsfall sinnvoll ist.
Wenn Sie nun die Stromzufuhr einschalten, warten Sie mindestens 30 Minuten, damit sich das Gerät thermisch stabilisieren kann. Bei Geräten, die ohne Elektronik arbeiten (das sind nur Ventile), ist ein Aufwärmen nicht nötig. Während der Aufwärmphase kann Fluid-Druck vorhanden sein oder nicht.

3.3 Nullpunkt-Kontrolle und -Einstellung

Im allgemeinen wird der Nullpunkt jedes Gerätes im Werk eingestellt. Falls erforderlich, muß der Nullpunkt des Gerätes neu eingestellt werden.

Nach der Aufwärmphase (noch kein Gasfluß) starten Sie die automatische 0-Punkt-Einstellung unter Betriebsbedingungen durch Betätigen des Drucktasters auf der Oberseite des Gerätes, falls gewünscht.
Bei Durchflußreglern muß der Sollwert auf 0 sein. Versichern Sie sich, daß noch kein Gas fließt.
Informationen über das Starten der automatischen 0-Punkt-Kontrolle mit dem Drucktaster finden Sie unter Manuellem Betrieb im Dokument Nr. 9.19.023.
Sie können die automatische 0-Punkt-Einstellung auch mit dem FLOW-BUS starten, indem Sie eine E-7000 Auswerte- und Regeleinheit oder ein Software-Programm auf einem PC verwenden, der an eine FLOW-BUS-Schnittstelle angeschlossen ist.
Weitere Informationen hierzu finden Sie in der entsprechenden Dokumentation.

3.4 Anfahren

Öffnen Sie langsam die Fluidzufuhr. Unter Vermeidung von Druckstößen fahren Sie nun allmählich auf den gewünschten Durchfluß. Das Schließen der Fluidzufuhr sollte ebenfalls langsam geschehen.

3.5 Betriebsbedingungen

Jedes Gerät ist kalibriert und justiert für die Betriebsbedingungen des Anwenders.
Regler oder Ventile können unter Umständen nicht einwandfrei arbeiten, wenn die tatsächlichen Betriebsbedingungen zu sehr von den angegebenen abweichen. Das liegt daran, daß dann die Bohrung der Ventildüse falsch dimensioniert ist.
Die Leistung und Genauigkeit von Durchflußmessern kann erheblich beeinträchtigt werden durch eine Veränderung der physikalischen Eigenschaften eines Fluids, z.B. Wärmekapazität, Viskosität, als Folge geänderter Prozeßbedingungen.

3.6 Zeitverhalten

3.6.1 Sensoren

Wenn man davon ausgeht, daß die Transferfunktion eines Systems eine exponentielle Kurve ist, ergibt sich folgende Zeitkonstante:
Zeitkonstante = die Zeit, die das Ausgangssignal benötigt, um 63,2 % vom Endwert zu erreichen. Ca. 5 x Zeitkonstante beträgt die Zeit bis zur Erreichung des Endwertes.

Die Zeitkonstante der Durchflußsensoren hängt vom Typ des Instrumentes und der Einstellungen ab. Drucksensoren haben eine Zeitkonstante von einigen Millisekunden. Die tatsächliche Reaktionszeit wird bestimmt durch das pneumatische Verhalten des Systems, zu dem der Druckmesser gehört.

3.6.2 Regler

Das Regelverhalten des Reglers ist werksseitig eingestellt.
Als Standard-Einschwingzeit wird die Zeit bezeichnet, die der Regler braucht, um den Sollwert mit einer Abweichung von 2% v.E. zu erreichen und zu halten.
Das Regelverhalten ist vom Werk so eingestellt, daß es nach einer Soll-/Istwert-Veränderung kaum zu einem Überschwingen kommt.
Individuelle Geschwindigkeitsanpassungen sind möglich. Bitte fragen Sie Ihren Vertriebspartner.

Anmerkung:
Bei Druckregelsystemen bestimmt das System weitgehend das Regelverhalten des Regelkreises. Beim Funktionstest wird das Kundensystem so weit wie möglich simuliert. In einigen Fällen ist jedoch ein Neujustieren erforderlich, um eine optimale Leistung unter den gegebenen Bedingungen zu gewährleisten.

3.7 Manueller Betrieb

Durch manuelle Betätigung des Mikro-Drucktasters können einige wichtige Funktionen des Gerätes ausgewählt/gestartet werden. Diese Optionen sind sowohl im analogen als auch im BUS/digitalen Modus verfügbar. (Siehe auch Abschnitt Manueller Betrieb im Dokument Nr. 9.19.023).

Diese Funktionen sind:
- Reset (werksseitig programmiert)
- automatische 0-Punkt-Einstellung (Zero-Drift Offset in der Sensor-Brücke entfernen)
- Rückstellung auf die Werkseinstellungen (bei unbeabsichtigter Veränderung der Einstellungen)

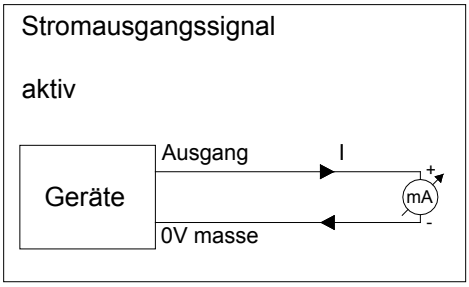
Nur bei FLOW-BUS:
- automatische Installation auf dem FLOW-BUS (installiert Gerät auf freie Adresse)
- Ferninstallation auf dem FLOW-BUS (Gerät wird über E-7000 oder PC-Software installiert)

3.8 Analogbetrieb

Digitale Geräte können mit analogen Signalen über die 9-polige Sub-D-Anschlußbuchse betrieben werden. In diesem Punkt sind die Geräte in der Anwendung kompatibel mit **analogen** Geräten.
Analog betriebene Geräte können, gemäß Bronkhorst High-Tech-Standard, mit einem 8-adrigen abgeschirmten Kabel mit 9-poliger D-Anschlußbuchse angeschlossen werden.

Jede elektronische Platine ist auf eine der folgenden Ausgangssignale (und entsprechende Eingangssignale) eingestellt:

Signalcode	**Ausgangssignal (Sensor)**	**Eingangssignal (Sollwert)**
A	0...5 Vdc	0...5 Vdc
B	0...10 Vdc	0...10 Vdc
F	0...20 mA (aktiv)	0...20 mA (passiv)
G	4...20 mA (aktiv)	4...20 mA (passiv)



Für Meßgeräte ist nur das Ausgangssignal verfügbar.

Für den Analogbetrieb sind folgende Parameter verfügbar.
- gemessener Wert
- Sollwert (nur Regelgeräte)
- Ventilspannung (nur Regelgeräte)

Anmerkung:
Wenn das Gerät über eine analoge Schnittstelle betrieben wird, ist es möglich, es an jedes unterstützte Feldbus-System (oder RS232-Schnittstelle mit Spezialkabel) zur Auswertung und Veränderung von Parametern anzuschließen (z.B. Ansprechen des Reglers oder Auswahl eines anderen Fluids).

Für Geräte in FLOW-BUS-Version kann ein Anzeige-/Regelmodul für digitale Instrumente kurzzeitig über den RJ45 Modularanschlußstecker angeschlossen werden.

3.9 FLOW-BUS / Digitalbetrieb

Der Betrieb über den Feldbus reduziert die Anzahl von Kabeln, die für den Aufbau eines Systems aus verschiedenen Geräten erforderlich sind und bietet dem Anwender die Möglichkeit, eine größere Anzahl von Parameterwerten anzuzeigen und zu ändern.

Weitere Einzelheiten siehe Handbuch: Der Betrieb digitaler Massendurchfluß-/Druck-Geräte (Dokument Nr. 9.19.023).

Der Betrieb über den Feldbus bringt zahlreiche weitere Fähigkeiten (im Vergleich zu Analogbetrieb) mit sich, wie:

- Sollwertrampe (Rampenfunktion auf Sollwert für weiche Regelung)
- 8 wählbare unterschiedliche Fluids (mit Kalibriereinstellungen für hohe Genauigkeit)
- direkte Anzeige im Auswerte-/Regelmodul
- Test und Selbstdiagnose
- Reaktionsalarm (Sollwert-Messung zu hoch für zu lange Zeit)
- diverse Regel-/Sollwertmode (z.B. Spülen/Ventil zu)
- Master-/ Slave-Modus für Verhältnisregelung (nur FLOW-BUS)
- Identifizierung (Seriennumer, Modellnummer, Gerätetyp, Meßstellennummer des Anwenders)
- einstellbare minimale und maximale Alarm Grenzwerte
- Vorwahlzähler
- einstellbare Einregelverhalten für Regler beim Anfahren von 0
- einstellbare Einregelverhalten für normale Regelung
- einstellbare Einregelverhalten für stabile Regelung (Sollwert-Messung <2%)

Anmerkung:
Das Spezialkabel für RS232 besteht aus einem T-Stück mit 1 männlichen und 1 weiblichen Sub-D 9 Stecker geräteseitig und einem normalen weiblichen Sub-D 9 Stecker computerseitig. Sehen Sie das Anschlußpläne für den benötigte RS232 Kabel.
Mit diesem Kabel ist es möglich, einerseits RS232-Kommunikation und andererseits Netzteil und Analog-Schnittstelle mittels des (analogen) Sub-D 9-Steckers zu verbinden. RS232-Kommunikation ist nur möglich mit einer Baudrate von 38,4 KBaud und kann wahlweise benutzt werden für:

- Laden neuer Firmware mittels Spezialprogramm (nur durch geschultes BHT-Servicepersonal)
- Servicearbeiten an Ihrem Gerät mit BHT-Serviceprogrammen (nur durch geschultes BHT-Servicepersonal)
- Betrieb Ihres Gerätes mittels z.B. FLOWDDE, FLOWB32.DLL oder RS232-ASCII Protokoll (Anwender)

4 Wartung

4.1 Allgemeines

Eine routinemäßige Wartung der Durchflußmesser oder -regler ist nicht erforderlich. Eine etwa erforderliche Reinigung muß mit sauberem, trockenem Inertgas vorgenommen werden.
Bei stärkerer Verschmutzung kann es notwendig sein, daß laminare Flowelement und die Ventildüse separat zu reinigen.

4.2 Gasflußsensoren

Der Gasflußsensor ist so konstruiert, daß der Meßbereich durch einen Wechsel des laminaren Flowelementes einfach verändert werden kann. Eine weitere Demontage des Meßgerätes durch den Benutzer über den Ausbau des Flowelementes zur Inspektion oder Auswechslung hinaus ist jedoch nicht zu empfehlen. Nach dem Austausch des Flowelementes muß eine Neukalibrierung des Durchflußmessers vorgenommen werden. Dabei ist nach einem geeigneten Kalibrierverfahren vorzugehen. Bei Angabe der Modell-Nr. können laminare Flowelemente separat bestellt werden.

4.3 Flüssigkeitssensoren

Der Meßbereich eines Flüssigkeitssensors kann nicht vom Benutzer verändert werden. Der Sensor ist ein im Gerät integrierter Teil und kann nicht entfernt werden. Für die gelegentliche Reinigung des Gerätes kann eine der Verschmutzung angepaßte und mit dem Dichtungsmaterial verträgliche Reinigungsflüssigkeit verwendet werden.

4.4 Drucksensoren

Da die dünne Metallmembrane sehr empfindlich ist, sollte der Drucksensor vom Benutzer nicht demontiert werden.

4.5 Regler

Alle Sensortypen können mit einem Regelventil kombiniert werden, um zusammen einen Regelkreis zu bilden. Regelsysteme sind entweder als getrennte Einheiten, ein Sensor und ein Regelventil, oder als integrierte Einheit erhältlich.
Die Wartung ist unter "Regelventile" beschrieben.

4.6 Regelventile

Regelventile können nicht für Absperr- bzw. Auf-/Zu-Anwendungen benutzt werden. Druckstöße, wie sie auftreten können, wenn das System befüllt oder entleert wird, müssen vermieden werden.

4.6.1 Magnetische Regelventile

Diese Ventile arbeiten als direkt angetriebene Regel- und Pilotventile. Sie können zur Reinigung und Wartung durch den Betreiber im Feld auseinandergenommen werden. Die Einzelteile sollten mit einer geeigneten Reinigungsflüssigkeit oder im Ultraschall-Bad gereinigt werden.
Beim Auseinandernehmen des Ventils gehen Sie bitte wie folgt vor:

a) Verbindungskabel zum Sensor trennen (nicht notwendig bei separatem Ventil)
b) Sechskantmutter oben am Ventil lösen
c) Spulenhülse mit Spule abnehmen
d) Vierkantflansch abschrauben
e) Ventileinsatz vorsichtig senkrecht nach oben abheben
f) seitliche Madenschraube lösen, Düsenhalter und Düse herausnehmen
g) Ventilkegel mit Prallplatte herausnehmen

Alle Teile vorsichtig reinigen und in umgekehrter Reihenfolge wieder montieren.
Es wird dringend empfohlen, die O-Ring-Dichtungen dabei zu erneuern.
Nach der Montage des Regelventils ist es zweckmäßig, die Regeleigenschaften des Ventils zu prüfen. Dies geschieht am besten mit einer separaten, variablen 15V-Spannungsquelle.

Wie folgt vorgehen:
- Die Ventilstecker von der Miniatur-Steckverbindung der Platine ziehen und mit der Spannungsquelle verbinden.
- Gasdruck entsprechend den Betriebsbedingungen herstellen.
- Spannung einschalten und allmählich erhöhen.
- Das Ventil sollte öffnen bei 7 Vdc ± 3 Vdc.
- Die volle Öffnung sollte bei 9 Vdc ± 1,5 Vdc erreicht werden.

Wenn das Ventil nicht innerhalb der angegebenen Werte arbeitet, soll es nochmals auseinandergenommen und die Düse auf die richtige Lage einjustiert werden.
Ventil zusammenbauen und Prozedur, falls nötig, wiederholen.

4.6.2 Vary-P-Ventil

Das Vary-P-Ventil wurde konstruiert, um auch extrem variable Prozeßbedingungen vor oder hinter dem Ventil oder auf beiden Seiten bewältigen zu können. Das ΔP kann stark variieren. Das Hauptregelventil ist ein direkt betriebenes Magnetventil.
Das Patent ist erteilt.
Zur Auswahl der Ventildüse und zur Wartung über das Pilotventil hinaus Kontakt mit Ihrem Vertriebspartner aufnehmen.

4.6.3 Pilotgesteuertes Ventil

Dieses indirekt wirkende Regelventil besteht aus einem federbelastenden Membran-/Düsensystem, das durch ein pilotgesteuertes Magnetventil betätigt wird. Die beiden Elemente sind in einem Block untergebracht.
Grundsätzlich gilt für die Demontage die gleiche Prozedur wie unter 4.5.1 beschrieben.
Zur Reinigung kann es notwendig sein, das Ventil weiter zu zerlegen, d.h. auch das Membransystem zu entfernen.

Anmerkung:
Bei der Druckprobe eines Systems mit pilotgesteuertem Regelventil muß eine spezielle Prozedur eingehalten werden, damit das Ventil nicht beschädigt wird.
Hierzu bitte vorher Kontakt mit Ihrem Lieferanten oder dem Werk aufnehmen.

4.6.4 Balgventile

Diese Ventile sind für niedrige Drücke oder Anwendungen im Vakuumbereich vorgesehen und sollten vom Benutzer nicht zerlegt werden.
Bronkhorst High-Tech empfehlt dringend die Balgventile in aufrechter Position zu montieren.

4.7 Kalibriervorgang

Alle Geräte sind im Werk kalibriert worden. Wegen Neukalibrierung oder Meßbereichsänderung wenden Sie sich bitte an Ihren Lieferanten.

5 Digitale Geräte

Detaillierte Informationen finden Sie in Dokument Nr 9.19.023.

Dieses Dokument ist verfügbar als PDF-Datei auf der Multibus documentation/software tool CD.

6 Beschreibung der Schnittstellen

Beschreibungen der verfügbaren Schnittstellen finden Sie unter folgenden Dokument-Nummern:

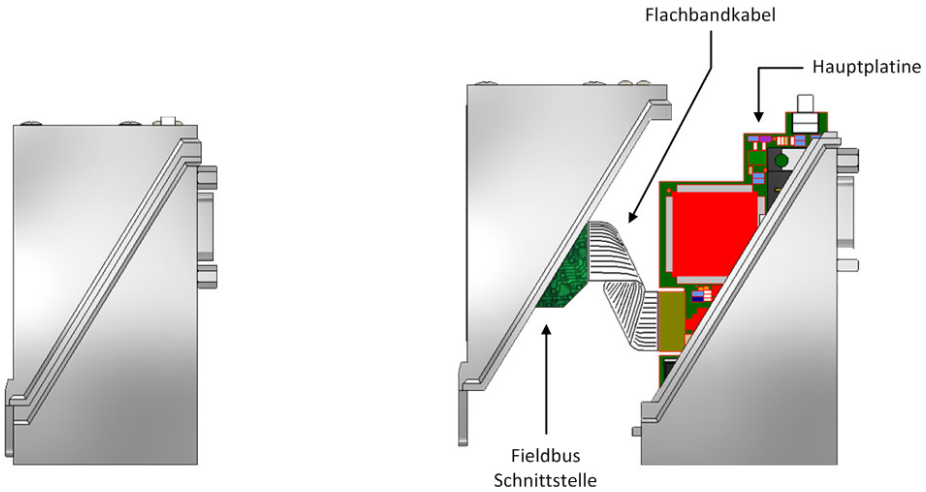
9.19.024 für FLOW-BUS
9.19.025 für PROFIBUS-DP
9.19.026 für DeviceNet
9.19.027 für RS232
9.19.035 für Modbus
9.19.063 für EtherCAT

Diese Dokumente sind verfügbar als PDF-Dateien auf der Multibus documentation/software tool CD.

7 Fehlersuche

7.1 Allgemein

Um den einwandfreien Betrieb eines Massedurchflußmessers/-reglers korrekt zu beurteilen, wird empfohlen, die Einheit aus dem Prozess herauszunehmen und sie zu überprüfen, ohne daß ein Gasdruck vorliegt. Falls die Einheit verschmutzt ist, kann dies sofort festgestellt werden, indem man die Klemmringverschraubungen und, falls vorhanden, den Flansch an der Einlaßseite löst.
Bronkhorst High-Tech B.V. empfiehlt, das Gehäuse nicht zu öffnen. Für den Fall, dass es doch geöffnet werden muss, sollte dies mit größter Vorsicht geschehen, da die Feldbus-Schnittstelle und die Hauptplatine über ein schmales (empfindliches) Flachbandkabel miteinander verbunden sind.



Ein- und ausschalten der Spannung am Gerät zeigt eine elektronische Störung an.
Danach muß der Fluiddruck wieder hergestellt werden, um den Durchfluß zu überprüfen.
Bei Verdacht einer Leckage bei einem Gasmeß/-regelgerät prüfen Sie nicht mit einer Leckagesuchflüssigkeit unter dem Gehäusedeckel, ob Blasen enstehen, da dies zu einem Kurzschluß im Sensor oder der Platine führen kann.

7.2 Fehlersuchtabelle, allgemein

Symptom	mögliche Ursache	Aktion
kein Ausgangssignal	Keine Spannungsversorgung	1a) Prüfen der Spannungsversorgung
		1b) Prüfen des Kabelanschlusses
	Ausgangsstufe ausgefallen infolge längeren Kurzschlusses und/oder Hochspannungsspitzen	1c) zurück ans Werk
	Gasdruck zu hoch oder Differenzdruck am Gerät zu hoch	1d) Vordruck senken
	Ventil verstopft / kontaminiert	1e) schließen Sie 0..15 Vdc an das Ventil an und erhöhen Sie langsam die Spannung, während der Anschlußdruck ansteht. Das Ventil sollte bei 7V G 3V geöffnet sein; wenn nicht, Teile reinigen und Ventil justieren (nur geschultes Personal)
	Sieb am Einlaß verstopft	1f) reinigen Sie das Sieb
	Sensor-/Kapillarausfall	1g) zurück ans Werk
Max. Ausgangssignal	Ausgangsstufe ausgefallen	2a) zurück ans Werk
	Sensor-/Kapillarausfall	2b) zurück ans Werk
Ausgangssignal viel niedriger als Sollwert-Signal oder gewünschter Durchfluß	Sieb verstopft /kontaminiert	3a) Sieb reinigen
	LFE verstopft/kontaminiert; und/oder Flüssigkeit im Gerät	3b) LFE entfernen und reinigen, Gerät mit Luft oder N2 trocknen
	Ventil verstopft/kontaminiert	3c) Ventil reinigen
	Ventil im Innern beschädigt (gequollener Sitz im Kolben)	3d) Teile austauschen und Ventil justieren oder zurücksenden
	Falsche Gasart und/oder Druck/Differenzdruck	3e) prüfen Sie das Gerät unter Bedingungen, für die es ausgelegt wurde
Durchfluß läßt allmählich nach	Kondensation, geschieht bei NH3, Hydrokarbonen wie. C_3H_8, C_4H_{10} usw.	4a) Vordruck reduzieren und/oder Gas erwärmen
	Ventiljustage hat sich verändert	4b) siehe 1e
Oszillation	Anschlußdruck/Differenzdruck zu hoch	5a) Druck herabsetzen
	Rohrleitung zwischen Druckregler und MFC zu kurz	5b) Länge oder Durchmesser der Eingangsrohrleitung erhöhen
	Druckregler schwingt	5c) Druckregler ersetzen oder 5b versuchen
	Schäden an der Ventilhülse oder im Innern	5d) defekte Teile ersetzen und Ventil justieren, siehe 1e oder zurück an Werk
	Reglerjustage falsch	5e) Regler justieren
kleiner Durchfluß bei Sollwert 0	Ventilleckagen infolge von defektem Kolben oder Schmutz in Ventildüse	6a) Düse reinigen und beim Zusammenbau 1e beachten
	Druck zu hoch oder viel zu niedrig	6b) richtigen Druck anwenden

Anmerkung: Bei anderen (mehr spezifischen) lesen Sie bitte die Fehlersuchtabellen in anderen Dokumenten.

ANHANG 1

GAS KONVERSIONSTABELLE

Doc. no.: 9.02.086

GAS KONVERSIONSTABELLE

Nr.:	Name:	Formel	Dichte ρ_n [g / l] 0°C, 1 atm.	Spez. Wärme* c_p – cal [cal / g.K] 20°C, 1 atm.	Konv.-Faktor 20°C, 1 atm.
1	Acetylene (Ethyne)	C_2H_2	1.172	0.438	0.61
2	Air	Air	1.293	0.241	1.00
3	Allene (Propadiene)	C_3H_4	1.832	0.392	0.43
4	Ammonia	NH_3	0.7693	0.524	0.77
5	Argon	Ar	1.784	0.125	1.40
6	Arsine	AsH_3	3.524	0.133	0.66
7	Boron trichloride	BCl_3	5.227	0.136	0.44
8	Boron trifluoride	BF_3	3.044	0.188	0.54
9	Bromine pentafluoride	BrF_5	7.803	0.156	0.26
10	Butadiene (1,3-)	C_4H_6	2.504	0.405	0.31
11	Butane	C_4H_{10}	2.705	0.457	0.25
12	Butene (1-)	C_4H_8	2.581	0.415	0.29
13	Butene (2-) (Cis)	C_4H_8	2.503	0.387	0.32
14	Butene (2-) (Trans)	C_4H_8	2.503	0.421	0.30
15	Carbonylfluoride	COF_2	2.983	0.194	0.54
16	Carbonylsulfide	COS	2.724	0.175	0.65
17	Carbon dioxide	CO_2	1.977	0.213	0.74
18	Carbon disulfide	CS_2	3.397	0.152	0.60
19	Carbon monoxide	CO	1.25	0.249	1.00
20	Chlorine	Cl_2	3.218	0.118	0.82
21	Chlorine trifluoride	ClF_3	4.125	0.188	0.40
22	Cyanogen	C_2N_2	2.376	0.275	0.48
23	Cyanogen chloride	ClCN	2.743	0.185	0.61
24	Cyclopropane	C_3H_6	1.919	0.374	0.43
25	Deuterium	D_2	0.1798	1.73	1.00
26	Diborane	B_2H_6	1.248	0.577	0.43
27	Dibromo difluoromethane	Br_2CF_2	9.361	0.17	0.20
28	Dichlorosilane	SiH_2Cl_2	4.506	0.17	0.41
29	Dimethylamine	C_2H_6NH	2.011	0.417	0.37
30	Dimethylpropane (2,2-)	C_5H_{12}	3.219	0.462	0.21
31	Dimethylether	C_2H_6O	2.105	0.378	0.39
32	Disilane	Si_2H_6	2.857	0.352	0.31
33	Ethane	C_2H_6	1.355	0.468	0.49
34	Ethylene (Ethene)	C_2H_4	1.261	0.414	0.60
35	Ethylene oxide	C_2H_4O	1.965	0.303	0.52
36	Ethylacetylene (1-Butyne)	C_4H_6	2.413	0.401	0.32
37	Ethylchloride	C_2H_5Cl	2.878	0.263	0.41
38	Fluorine	F_2	1.696	0.201	0.91
39	Freon-11	CCl_3F	6.129	0.145	0.35
40	Freon-113	$C_2Cl_3F_3$	8.36	0.174	0.21
41	Freon-1132A	$C_2H_2F_2$	2.889	0.244	0.44
42	Freon-114	$C_2Cl_2F_4$	7.626	0.177	0.23
43	Freon-115	C_2ClF_5	7.092	0.182	0.24
44	Freon-116	C_2F_6	6.251	0.2	0.25
45	Freon-12	CCl_2F_2	5.547	0.153	0.37
46	Freon-13	$CClF_3$	4.72	0.165	0.40
47	Freon-13B1	$CBrF_3$	6.768	0.12	0.38
48	Freon-14	CF_4	3.946	0.18	0.44
49	Freon-21	$CHCl_2F$	4.592	0.154	0.44
50	Freon-22	$CHClF_2$	3.936	0.168	0.47
51	Freon-23	CHF_3	3.156	0.191	0.52
52	Freon-C318	C_4F_8	9.372	0.222	0.15
53	Germane	GeH4	3.45	0.16	0.56

* c_p - cal (T,p) = c_p (T + 50°C, p)

GAS KONVERSIONSTABELLE

Nr.:	Name:	Formel	Dichte ρ_n [g / l] 0°C, 1 atm.	Spez. Wärme* c_p – cal [cal / g.K] 20°C, 1atm.	Konv.-Faktor 20°C, 1 atm.
54	Helium	He	0.1785	1.24	1.41
55	Helium (3-)	3He	0.1346	1.606	1.44
56	Hydrogen	H_2	0.08991	3.44	1.01
57	Hydrogen bromide	HBr	3.646	0.0869	0.98
58	Hydrogen chloride	HCl	1.639	0.192	0.99
59	Hydrogen cyanide	HCN	1.206	0.345	0.75
60	Hydrogen fluoride	HF	0.8926	0.362	0.96
61	Hydrogen iodide	HI	5.799	0.0553	0.97
62	Hydrogen selenide	H_2Se	3.663	0.109	0.78
63	Hydrogen sulfide	H_2S	1.536	0.246	0.82
64	Isobutane	C_4H_{10}	2.693	0.457	0.25
65	Isobutylene (Isobutene)	C_4H_8	2.60	0.429	0.28
66	Krypton	Kr	3.749	0.058	1.43
67	Methane	CH_4	0.7175	0.568	0.76
68	Methylacetylene	C_3H_4	1.83	0.399	0.43
69	Methylbromide	CH_3Br	4.35	0.118	0.61
70	Methylchloride	CH_3Cl	2.3	0.212	0.64
71	Methylfluoride	CH_3F	1.534	0.29	0.70
72	Methylmercaptan	CH_3SH	2.146	0.272	0.53
73	Molybdenum hexafluoride	MoF_6	9.366	0.156	0.21
74	Mono-ethylamine	$C_2H_5NH_2$	2.011	0.436	0.36
75	Monomethylamine	CH_3NH_2	1.419	0.424	0.52
76	Neon	Ne	0.9002	0.246	1.41
77	Nitric oxide	NO	1.34	0.239	0.97
78	Nitrogen	N_2	1.250	0.249	1.00
79	Nitrogen dioxide	NO_2	2.053	0.204	0.74
80	Nitrogen trifluoride	NF_3	3.182	0.194	0.50
81	Nitrosyl chloride	NOCl	2.984	0.17	0.61
82	Nitrous oxide	N_2O	1.978	0.221	0.71
83	Oxygen	O_2	1.429	0.222	0.98
84	Oxygen difluoride	OF_2	2.417	0.201	0.64
85	Ozone	O_3	2.154	0.207	0.70
86	Pentane	C_5H_{12}	3.219	0.455	0.21
87	Perchlorylfluoride	ClO_3F	4.653	0.165	0.41
88	Perfluoropropane	C_3F_8	8.662	0.22	0.16
89	Performa- ethylene	C_2F_4	4.523	0.206	0.33
90	Phosgene	$COCl_2$	4.413	0.149	0.47
91	Phosphine	PH_3	1.53	0.277	0.73
92	Phosphorous pentafluoride	PF_5	5.694	0.183	0.30
93	Propane	C_3H_8	2.012	0.456	0.34
94	Propylene (Propene)	C_3H_6	1.915	0.408	0.40
95	Silane	SiH_4	1.443	0.349	0.62
96	Silicon tetrafluoride	SiF_4	4.683	0.18	0.37
97	Sulfurylfluoride	SO_2F_2	4.631	0.175	0.38
98	Sulfur dioxide	SO_2	2.922	0.157	0.68
99	Sulfur hexafluoride	SF_6	6.626	0.175	0.27
100	Sulfur tetrafluoride	SF_4	4.821	0.192	0.34
101	Trichlorosilane	$SiHCl_3$	6.044	0.157	0.33
102	Trimethylamine	C_3H_9N	2.637	0.424	0.28
103	Tungsten hexafluoride	WF_6	13.29	0.092	0.25
104	Vinylbromide	C_2H_3Br	4.772	0.141	0.46
105	Vinylchloride	C_2H_3Cl	2.865	0.229	0.47
106	Vinylfluoride	C_2H_3F	2.08	0.305	0.49
107	Xenon	Xe	5.899	0.0382	1.38

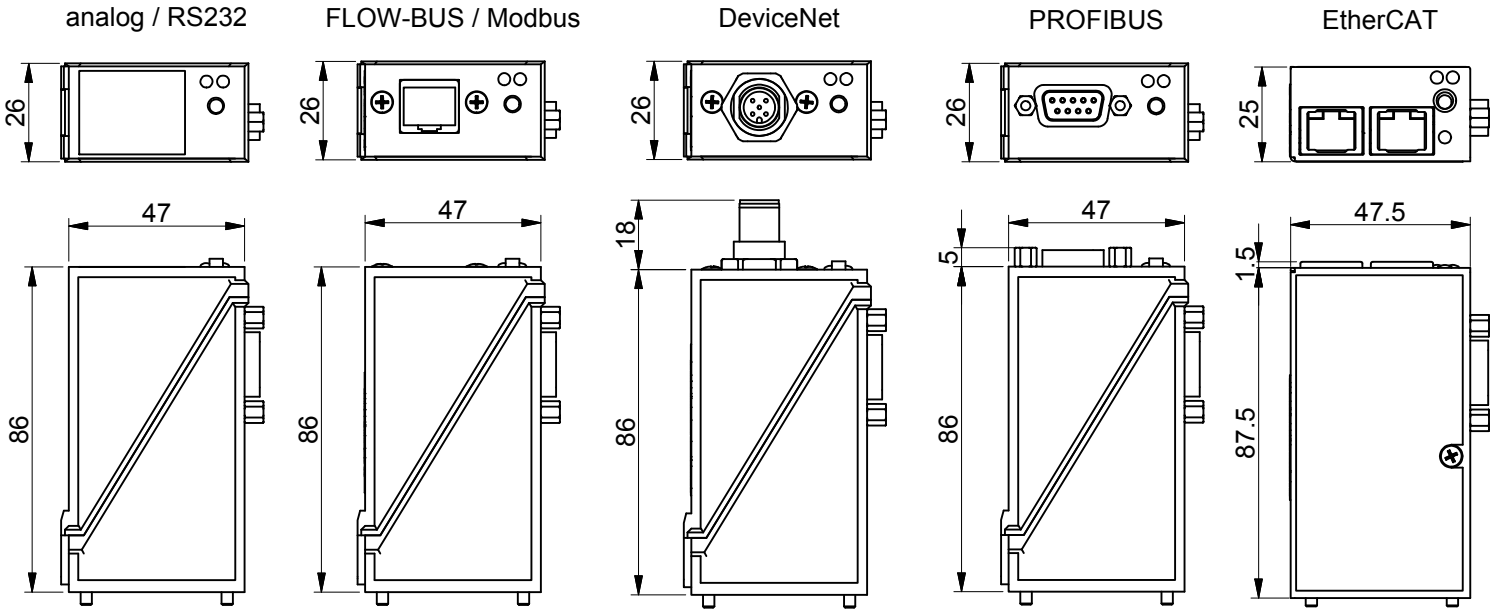
* c_p - cal (T,p) = c_p (T + 50°C, p)

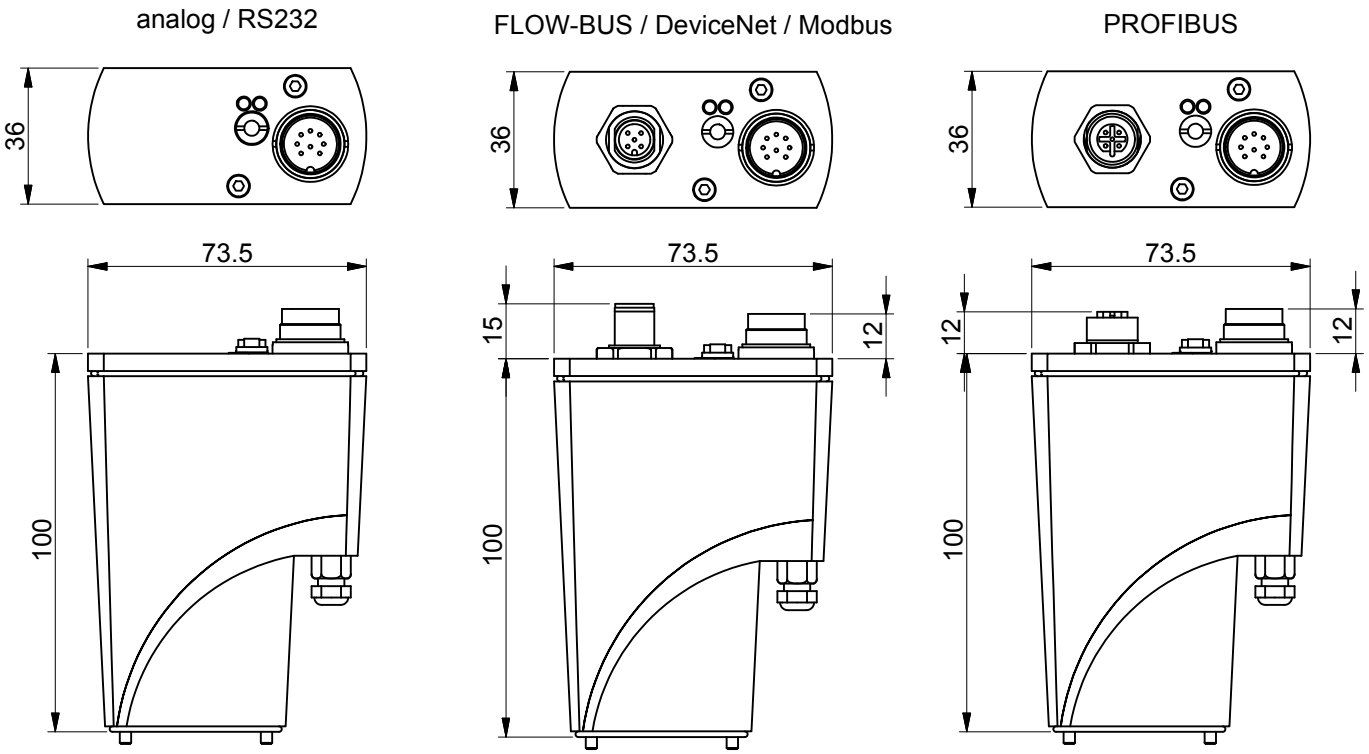
ANHANG 2

Abmessungen digitale Gehäuse

Abmessungen digitale Gehäuse

Ein dieser digitale Gehäuse ersetzt die Gehäuse wie abgebildet in Ihrer Maßzeichnung.
Bitte bemerken Sie daß die Höhe verändert wenn einen Stecker montiert wird.





Maße in Millimeter.
Maße nur für Referenz und Änderung vorbehalten ohne vorankündigung

Toleranz ± 0.5 wenn nicht anders erwähnt ist.